

正 誤 表

金沢大学十全医学会雑誌 第101巻 第3号 608-618 (1992)

## 肥大型心筋症の左房機能に関する臨床的研究

金沢大学医学部内科学第二講座（主任：竹田亮祐教授）

真 田 宏 人

（平成4年5月22日受付）

誤		正
608ページ	<p>和文抄録 12行目</p> <p>…左房一回拍出係数位は左房後負荷…</p> <p>右段下から11行目</p> <p>…である。対照の内訳は、…</p> <p>右段下から7行目</p> <p>…の合併例は対照より除外した。</p>	<p>…部分 削除</p> <p>…である。対象の内訳は、</p> <p>…の合併例は対象より除外した。</p>
609ページ	<p>左段 8行目</p> <p>…にわたり、<u>16.7秒毎</u>の左室容積を…</p> <p>右段 28行目</p> <p>…を用いて、<u>16.7秒毎</u>の左房容積</p> <p>右段 32行目</p> <p>…より、<u>16.7秒毎</u>の左室容積を…</p>	<p>…にわたり、<u>1/60秒毎</u>の左室容積を…</p> <p>…を用いて、<u>1/60秒毎</u>の左房容積</p> <p>…より、<u>1/60秒毎</u>の左室容積を…</p>

## 肥大型心筋症の左房機能に関する臨床的研究

金沢大学医学部内科学第二講座 (主任: 竹田亮祐教授)

真 田 宏 人

(平成4年5月22日受付)

肥大型心筋症の左房機能について検討するために、正常対照者14名、本態性高血圧症患者13名および肥大型心筋症患者18名を対象として、左室造影像を用いて拡張期左室流入分画の解析を行なった。さらに、左房の貯留機能、導管機能およびポンプ機能を明らかにする目的で、正常対照者5名、本態性高血圧症患者6名および肥大型心筋症患者11名を対象として、左房圧-容積曲線を作成し検討した。左室流入分画の検討では、高血圧症群では拡張早期左室充満の低下が心房収縮期における左室充満の増加によって代償されていたが、肥大型心筋症群では心房収縮期の代償が低下していた。左房後負荷に関する検討では、左室腔硬さ定数は対照群 ( $0.028 \pm 0.009$ ) に比して高血圧症群 ( $0.035 \pm 0.015$ ) で上昇しており、肥大型心筋症群 ( $0.056 \pm 0.017$ ) ではさらに上昇していた。左房前負荷に関する検討では、左房収縮直前の左房圧および容積はともに対照群 ( $7 \pm 1 \text{ mmHg}$ ,  $59 \pm 6 \text{ ml/M}^2$ ) に比して高血圧症群 ( $10 \pm 5 \text{ mmHg}$ ,  $71 \pm 19 \text{ ml/M}^2$ ) で上昇しており、肥大型心筋症群 ( $16 \pm 7 \text{ mmHg}$ ,  $81 \pm 25 \text{ ml/M}^2$ ) ではさらに上昇していた。左房仕事量は対照群 ( $87 \pm 23 \text{ mmHg} \cdot \text{ml}$ ) に比し、高血圧症群 ( $116 \pm 34 \text{ mmHg} \cdot \text{ml}$ ) および肥大型心筋症群 ( $115 \pm 19 \text{ mmHg} \cdot \text{ml}$ ) において増大していた。左房駆出性に関する検討では左房一回拍出係数および駆出率はともに高血圧症群 ( $24 \pm 5 \text{ ml/M}^2$ ,  $34 \pm 8\%$ ) に比し肥大型心筋症群 ( $18 \pm 2 \text{ ml/M}^2$ ,  $23 \pm 6\%$ ) で低下していた。肥大型心筋症群では、左房心機能曲線は右下方に偏位しており、左房一回拍出係数値は左房後負荷と負の相関関係 ( $r = -0.775$ ) にあった。左房腔硬さ定数は対照群 ( $0.041 \pm 0.006$ ) に比し肥大型心筋症群 ( $0.063 \pm 0.018$ ) で増大しており、左室壁厚と相関関係 ( $r = 0.560$ ) を認めた。左房貯留容積は対照群 ( $13 \pm 4 \text{ ml/M}^2$ ) に比し肥大型心筋症群 ( $7 \pm 2 \text{ ml/M}^2$ ) で低下しており、左房腔硬さ定数と負の相関関係 ( $r = -0.598$ ) にあった。心係数は左房腔硬さ定数と負の相関関係 ( $r = -0.542$ ) にあった。以上より、肥大型心筋症では、左房後負荷不整合のため左房ポンプ機能不全の状態にあり、また左房の硬さの増大により左房貯留機能も低下しているものと考えられた。

**Key words** hypertrophic cardiomyopathy, left atrial function, left atrial booster pump function, left atrial afterload mismatch, left atrial reservoir function

左房は血行動態的に、貯留機能、導管機能およびポンプ機能の三つの作用を有する<sup>1)</sup>。左室収縮が開始し僧帽弁が閉鎖されると、左房は肺静脈からの流入血を貯留する貯留槽として機能する。同時に、左房の伸展性に従って圧が上昇し、壁が伸展され、受動的エネルギーが貯蔵される<sup>2)</sup>。左室収縮が終了し、僧帽弁が開放されると、左房に蓄えられた血液とエネルギーは急速流入期に左室に放出される。緩徐流入期には左房は導管としてのみ機能する。左房収縮期には、左房は能動的に左室に血液を駆出するポンプとして機能する。左房は左室への血液充満を介して左心機能と密接に関連しており<sup>3,4)</sup>、左室の拡張障害や、収縮障害、僧帽弁の異常が存在する場合には、左房の果たす役割は特に重要になる<sup>5-16)</sup>。

肥大型心筋症は左室伸展性の低下による左室流入抵抗の増大を主病態とする疾患である<sup>17,18)</sup>が、左室充満に重要な役割を果たす左房の働きについては十分に検討されていない。我々はまず左室造影像を用いて左室拡張期流入分画の検討を行ない、肥大型心筋症では受動的左室充満の低下に対する、心房収縮による代償が不十分であるものと推察した<sup>19)</sup>。そこで、肥大型心筋症における左房血行動態を明らかにする目的で、左房の圧-容積曲線を求め、左房のポンプ機能、貯留機能および導管機能について検討した。ポンプ機能に関しては、左房の駆出性を決定する基本的因子である、左房の前負荷、後負荷および収縮

性<sup>20,21)</sup>の面から検討した<sup>23)</sup>。また左房の拡張性を反映する貯留機能に関しては、左房の本質的な硬さを表わす、左房腔硬さ定数<sup>24)</sup>を求め検討した。

### 対象および方法

#### 1. 左室造影像による検討

##### 1. 対 象

対象は、心愁訴の精査目的で入院し心臓カテーテル検査を含む諸種心機能検査にても異常を認めなかった対照者、本態性高血圧症患者、および厚生省特定疾患肥大型心筋症調査研究班による特発性心筋症診断の手引き<sup>17)</sup>に基づき診断した肥大型心筋症患者の45名である。対照の内訳は、対照群14名、高血圧症群13名および肥大型心筋症群18名であり、各群間の性別、年齢に有意差はなかった(表1)。全例正常洞調律であり、有意な冠動脈病変、糖尿病および内分泌疾患等の心機能に影響を及ぼす他の疾患の合併例は対照より除外した。

##### 2. 心臓カテーテル検査および心血管造影

これら3群に対して1週間以上の休薬の上、経皮的太腿動脈穿刺法により心臓カテーテル検査を実施した。Swan-Ganzカテーテルにより右心系心内圧および心拍出量を測定後、左室圧および大動脈圧を測定し、さらに左室造影、両室同時造影および冠動脈造影を施行した。

左室造影は、Pigtail8F カテーテルを用い、造影剤 35ml を 10ml/秒で左室内に注入し、シネアンジオ装置 Cardioskop-U (SIEMENS, Erlangen, Germany) を用いて 60コマ/秒の速度で、右前斜位30度、左前斜位60度にて二方向同時撮影を行なった。

### 3. 左室造影の解析

左室造影像より、画像解析装置 model Σ-5/E (Medical Systems Research Company, 東京) を用いて、左室収縮末期より拡張末期にわたり、16.7秒毎の左室容積を算出し<sup>25)</sup> 体表面積で除して正規化した後、Fourier 解析により拡張期左室容積-時間曲線を作製した。左室容積-時間曲線より、左室の急速流入期および心房収縮期における左室容積の変化量を、急速流入期流入量および心房収縮期流入量として求めた。また、一回拍出係数に占める急速流入期流入量および心房収縮期流入量の割合を急速流入期流入率および心房収縮期流入率として求めた<sup>18)</sup>。

なお、左室収縮機能の指標として左室駆出率を求めた。また、左室壁厚として、両室同時造影像拡張末期における心室中隔厚および左室後壁厚の和を求めた<sup>26)</sup>。

## II. 左房圧-容積曲線による検討

### 1. 対 象

対象は、心愁訴の精査目的で入院し心臓カテーテル検査を含む諸種心機能検査にても異常を認めなかった対照者、本態性高血圧症患者、および厚生省特定疾患肥大型心筋症調査研究班による特発性心筋症診断の手引き<sup>17)</sup>に基づき診断した肥大型心筋症患者の22名である。対象の内訳は、対照群5名、本態性高血圧症群6名および肥大型心筋症群11名であり、各群間の性別、年齢に有意差はなかった(表2)。全例正常洞調律であり、有意な冠動脈病変、糖尿病および内分泌疾患等の心機能に影響を及ぼす他の疾患の合併例は対象より除外した。

### 2. 心臓カテーテル検査および心血管造影

これら3群に対して2週間以上の休薬の上、経皮的大腿動脈穿刺法により心臓カテーテル検査を実施した。Swan-Ganz カテーテルにより右心系心内圧および心拍出量を測定後、大動脈

圧、左室圧および左房圧を測定し、さらに左房造影、左室造影、両室同時造影および冠動脈造影を施行した。

左心系圧測定には 4F トランスデューサー先端型圧測定用カテーテル (model 110-4, Camino Laboratories, San Diego, CA, USA) を用いた。圧測定前に大気圧に零圧レベルを補正し、測定中の温度および位置による零圧レベルの変動の補正のため、体外式トランスデューサーによる圧測定を同時に施行した<sup>11)</sup>。体外式トランスデューサーによる圧測定の零基準点は胸壁厚の中心点とした。左房圧および左室圧は MINGOGRAF82 (SIEMENS, Erlangen, Germany) を用いて紙送り速度 250mm/sec で記録した。

左房圧測定は経心房中隔的に左房に挿入した Brockenbrough カテーテルまたは左室より逆行性に左房内に挿入した Pigtail8F カテーテルを通して、カテ先マノメーターを左房内に挿入して行なった<sup>10)11)</sup>。左房造影は、Bärmann7F カテーテルを用い、造影剤 40ml を 15ml/秒で肺動脈内に注入し<sup>27)28)</sup>、シネアンジオ装置 Cardioskop-U (SIEMENS, Erlangen, Germany) を用いて 60コマ/秒の速度で正側二方向同時撮影を行なった。左房造影施行と同時にカテ先マノメーターにより測定された左房圧を記録した。

左室造影は、Pigtail6F カテーテルを用い、造影剤 35ml を 10ml/秒で左室内に注入し、右前斜位30度、左前斜位60度にて二方向同時撮影を行なった。Pigtail8F カテーテルを通して左室に挿入されたカテ先マノメーターを用いて、左室造影施行と同時に左室圧を測定、記録した。

### 3. 左房および左室の圧-容積曲線の作成

左房造影像より、画像解析装置 model Σ-5/E (Medical Systems Research Company, 東京) を用いて、16.7秒毎の左房容積を算出し<sup>29)30)</sup>、さらに Fourier 解析により左房容積-時間曲線を作製した。左房容積-時間曲線および左房造影時に同時に測定された左房圧記録より左房圧-容積曲線を作製した<sup>21)31)~12)27)28)31)</sup>(図1)。同様に左室造影像より、16.7秒毎の左室容積を算出して左室容積-時間曲線を作製し、左室造影と同時に測定された

Table 1. Clinical characteristics and hemodynamic parameters in the 3 groups who were made investigation using left ventriculography

	Control	Hypertension	Hypertrophic Cardiomyopathy
Number of Patients	14	13	18
Male/Female	8/6	7/6	13/5
Age (years)	54±10	57±8	51±10
Systolic Blood Pressure (mmHg)	127±11	165±12*	119±17††
Left Ventricular Wall Thickness (mm)	18±3	23±2*	31±6*††
Left Ventricular Ejection Fraction (%)	69±6	70±9	64±6
Left Ventricular Filling Volume Index during Rapid Filling Period (ml/M <sup>2</sup> )	39±5	31±7*	24±8*††
Left Ventricular Filling Ratio during Rapid Filling Period (%)	66±5	54±11*	51±13*
Left Ventricular Filling Volume Index during Atrial Contraction Period (ml/M <sup>2</sup> )	13±5	19±5*	15±4††
Left Ventricular Filling Ratio during Atrial Contraction Period (%)	24±4	34±7*	32±9*

Values are expressed as mean±SD. \*P<0.01 compared to control subjects; †† P<0.05;

††† P<0.01 compared to hypertension.

M<sup>2</sup>=body surface area.

左室圧より、左室圧-容積曲線を作製した。

#### 4. 左房ポンプ機能の解析

左室拡張後期において左室圧-容積曲線を一次指数関数  $P=be^{K/V}$  ( $P$ =左室圧,  $V$ =左室容積,  $b$ =切片,  $K$ =左室腔硬さ定数,  $e$ =自然対数の底) に近似することにより左室腔硬さ定数を求め<sup>32)~34)</sup>, 左房後負荷の指標として、左室腔硬さ定数および左室拡張末期圧を用いた。

左房圧-容積曲線より、左房の前負荷の指標として、左房収縮開始直前の左房容積および左房圧を求めた。また左房駆出性の指標として、心房収縮期の左房一回拍出係数、心房収縮期の左房駆出率を求めた。さらに左房圧-容積曲線の  $a$  ループで囲まれる面積を左房仕事量として求めた<sup>21)9)~12)</sup>(図1)。

#### 5. 左房貯留機能および導管機能の解析 (図2)

左房圧-容積曲線の  $v$  ループの上行脚を一時指数関数  $P=be^{K/V}$  ( $P$ =左房圧,  $V$ =左房容積,  $b$ =切片,  $K$ =左房腔硬さ定数,  $e$ =自然対数の底) に近似することにより左房腔硬さ定数を求めた<sup>12)27)28)31)</sup>。左房の貯留機能の指標として、左室急速流入期における左房の容積変化を貯留容積として求めた<sup>11)</sup>。また、左房の導管機能の指標としては心房収縮開始以前の左室流入量か

ら貯留容積を差し引いた値を導管容積として求めた<sup>11)</sup>。

#### 6. 左室機能の解析

左室収縮機能の指標として左室造影より左室駆出率を求めた。また、左室弛緩の指標として、弛緩期の左室圧下降の時定数  $T$  を Weiss ら<sup>35)</sup>の方法にしたがって求めた。なお左室壁厚として、両室同時造影拡張末期における心室中隔厚および左室後壁厚の和を求めた<sup>26)</sup>。

#### Ⅲ. 統計学的検定法

成績はすべて平均値と標準偏差で示した。対照群、高血圧症群および肥大型心筋症群の各群間の平均値の差の検定は、一元配置分散分析を行ない、有意差を認めた因子についての水準間の差の検定は、Student の非対標本の  $t$ -検定により行なった。また血行動態諸指標値の関係は、Pearson の相関係数・回帰分析を用いて検討した。危険率  $p<0.05$ を有意差ありとして判定した。

#### 成 績

##### I. 左室造影による検討 (表1)

収縮期血圧は高血圧症群で大であった。左室壁厚は、対照群

Table 2. Clinical characteristics and Hemodynamic parameters

Pt.	Age (years)	Sex	Left Ventricular Wall Thickness (mm)	Time Constant T (ms)	LV Filling Volume before Atrial Contraction (ml/M <sup>2</sup> )	Left Ventricular Ejection Fraction (%)
Control Group						
1	35	M	19	43	55	64
2	69	M	20	38	49	79
3	67	M	22	55	45	78
4	51	F	19	37	57	77
5	33	M	17	44	43	66
Mean±SD	57±17		19±2	43±7	50±6	73±7
Hypertension Group						
6	60	M	27	50	43	74
7	60	M	26	56	36	70
8	43	M	26	47	59	80
9	57	M	32	52	45	62
10	58	M	25	42	34	68
11	64	F	35	47	52	65
Mean±SD	57±7		28±2**	49±5	45±9	70±7
Hypertrophic Cardiomyopathy Group						
12	73	M	34	72	47	73
13	67	M	37	55	34	67
14	15	M	26	47	53	69
15	64	F	45	60	46	78
16	67	M	27	83	34	46
17	41	F	25	54	39	41
18	63	M	32	48	35	43
19	62	M	38	60	38	65
20	51	F	39	60	42	63
21	62	M	40	47	37	75
22	69	M	33	54	24	80
Mean±SD	58±17		34±6**	58±11*	39±8*	64±14

\*  $p<0.05$ ; \*\*  $p<0.01$  compared with control group. LV Filling Volume before Atrial Contraction=left ventricular filling volume during rapid and slow filling period; Time Constant T=left ventricular relaxation time constant. M<sup>2</sup>=body surface area.

に比して高血圧症群で増大しており、肥大型心筋症群では更に増大していた。左室駆出率には3群間で差を認めなかった。

急速流入期左室充満動態に関する検討では、高血圧症群で

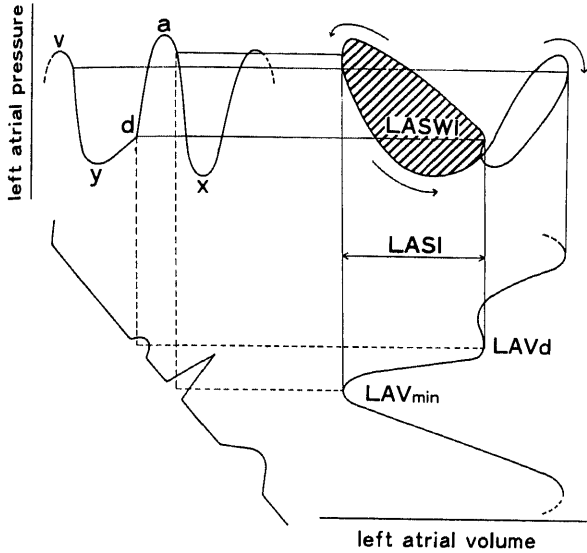


Fig. 1. A form of left atrial pressure-volume loop which was obtained from left atrial volume-time curve (horizontal axis) and simultaneously measured left atrial pressure curve (vertical axis). The pressure-volume loop consists of an A-loop on the left and a V-loop on the right. The area of the shaded region expresses left atrial stroke work. Left atrial ejection fraction is equal to LASI divided by LAVd. LASI=left atrial stroke volume index which is equal to LAVmin subtracted from LAVd; LASWI=left atrial stroke work index; LAVd=left atrial volume immediately before onset of left atrial contraction, viz., left atrial volume index at the 'diastasis' of the left atrium; LAVmin=minimum left atrial volume index.

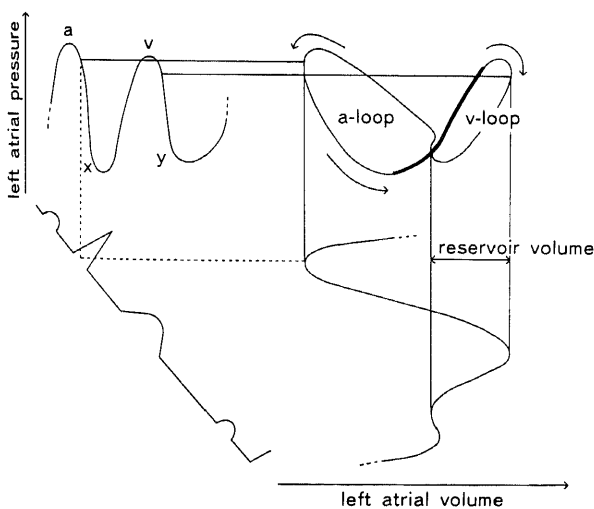


Fig. 2. A form of left atrial pressure-volume loop which was obtained from left atrial volume-time curve (horizontal axis) and simultaneously measured left atrial pressure curve (vertical axis). The pressure-volume loop consists of an A-loop on the left and a V-loop on the right. a=a wave of left atrial pressure; v=v wave of left atrial pressure; x=x descent of left atrial pressure; y=y descent of left atrial pressure.

は、急速流入期流入量、急速流入期流入率ともに対照群に比して低下していた。肥大型心筋症群では、急速流入期流入量は対照群、高血圧症群に比して低下しており、急速流入期流入率も対照群に比して低下していた。左室壁厚と急速流入期流入量との間には  $r = -0.62$  の負の相関関係が認められた (図3)。

心房収縮期左室充満動態に関する検討では、高血圧症群では、心房収縮期流入量、心房収縮期流入率ともに対照群に比して増大していた。一方、肥大型心筋症群では、心房収縮期流入率は対照群に比して増大していたが、心房収縮期流入量は対照群と差がなく、高血圧症群に比して低下していた。

3群における、急速流入期流入量と心房収縮期流入量の関係 (図4) では、高血圧症群は、急速流入期流入量と心房収縮期流

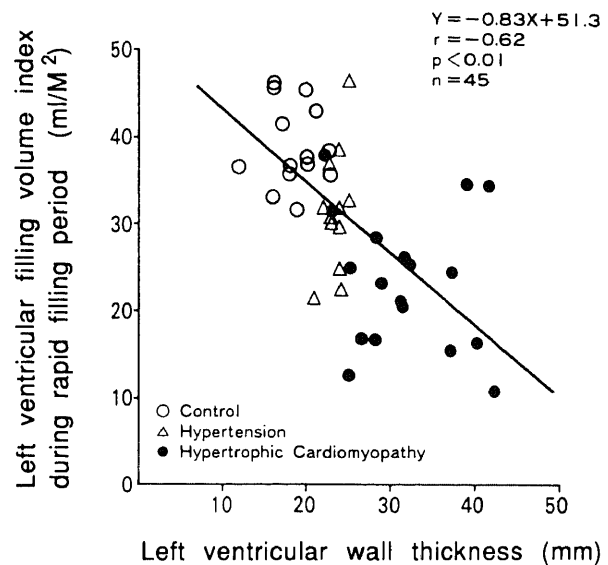


Fig. 3. Plot of relation between left ventricular wall thickness and left ventricular filling volume index during rapid filling period. Solid line shows the regression line in the 3 groups.  $M^2$ =body surface area, and it is the same in following figures.

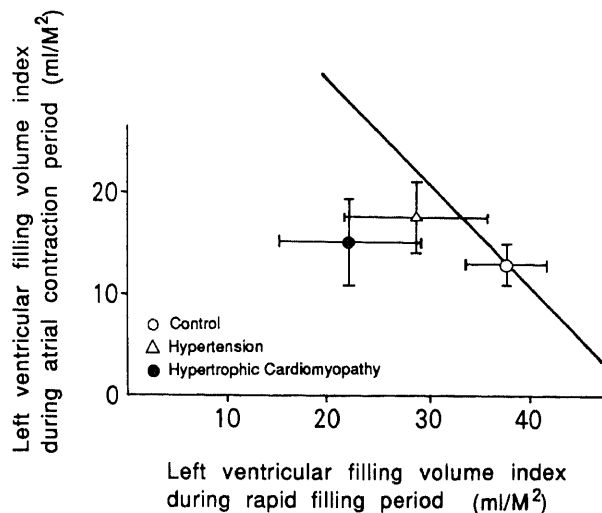


Fig. 4. Correlation between left ventricular filling volume index during rapid filling period and left ventricular filling volume index during atrial contraction period in the 3 groups. Solid line represents the line on which horizontal axis plus vertical axis equal to those of control subjects.

Table 3. Indexes of Left Afterload, Preload, Systole and Reservoir Function

Pt.	Left Atrial Afterload			Left Atrial Preload		Left Atrial Systole			Reservoir Function			
	Left Ventricular End-Diastolic Pressure (mmHg)	Left Ventricular Chamber Stiffness Constant	Left Atrial Presystolic Pressure (mmHg)	Left Atrial Presystolic Volume (ml/M <sup>2</sup> )	Left Atrial Stroke Work Index (mmHg·ml)	Left Atrial Ejection Fraction (%)	Left Atrial Stroke Index (ml/M <sup>2</sup> )	Left Atrial Chamber Stiffness Constant	Left Atrial Reservoir Volume Index (ml/M <sup>2</sup> )			
Control Group												
1	10	0.023	5	66	68	37	25	0.034		11		
2	11	0.019	7	60	105	41	19	0.050		9		
3	12	0.038	8	60	102	29	17	0.038		9		
4	11	0.037	7	59	105	22	19	0.037		19		
5	13	0.022	8	49	56	22	12	0.044		16		
Mean±SD	11±7	0.028±0.009	7±1	59±6	87±23	32±7	18±7	0.041±0.006		13±4		
Hypertension Group												
6	16	0.033	6	78	132	37	29	0.053		6		
7	12	0.046	6	62	172	47	30	0.085		8		
8	10	0.015	12	53	99	34	18	0.043		12		
9	24	0.058	10	105	123	22	23	0.054		12		
10	12	0.035	6	72	85	34	25	0.055		7		
11	14	0.025	18	58	83	30	17	0.042		10		
Mean±SD	15±5	0.035±0.015	10±5	71±19	116±34	34±8	24±5	0.055±0.016		9±3		
Hypertrophic Cardiomyopathy Group												
12	22	0.069	30	121	97	12	18	0.085		5		
13	17	0.036	6	81	125	26	22	0.093		5		
14	17	0.046	16	64	95	27	17	0.046		11		
15	23	0.073	21	60	154	30	18	0.064		7		
16	17	0.041	11	88	119	23	18	0.054		10		
17	20	0.075	17	61	129	25	15	0.044		9		
18	25	0.082	23	132	123	12	15	0.054		8		
19	24	0.041	18	77	126	27	21	0.048		7		
20	21	0.065	10	58	102	28	16	0.056		9		
21	17	0.048	11	72	103	24	17	0.091		6		
22	29	0.039	8	74	96	26	19	0.059		4		
Mean±SD	21±4***†	0.056±0.017***†	16±7**	81±25	115±19	23±6**†††	18±2††	0.063±0.018*		7±2**		

\* p<0.05; \*\* p<0.01 compared with control group; † p<0.05; †† p<0.01 compared with hypertension group. Left Atrial Presystolic Pressure=left atrial pressure immediately before atrial contraction; Left Atrial Presystolic Volume=left atrial volume immediately before atrial contraction. M<sup>2</sup>=body surface area.

入量との和が対照群と同一になるように引いた直線上に位置したが、肥大型心筋症群は直線の左下方に偏位していた。

## Ⅱ. 左房圧-容積曲線による左房ポンプ機能の検討

左室壁厚は対照群に比し高血圧症群、肥大型心筋症群で大きかった。時定数  $T$  は対照群に比し肥大型心筋症群で延長していた。拡張早期左室流入量は対照群に比し肥大型心筋症群で低下していた。左室駆出率には3群間で差を認めなかった(表2)。

左房後負荷に関する検討では、左室拡張末期圧、左室腔硬さ定数ともに、対照群に比し、高血圧症群では増加の傾向にあり、肥大型心筋症群は、他の2群に比して有意に増加していた(表3)。

左房前負荷に関する検討では、左房収縮開始直前の左房圧は、対照群に比し、高血圧症群では増加の傾向にあり、肥大型心筋症群では有意に増加していた。左房収縮開始直前の左房容積も同様に、対照群に比し、高血圧症群では増加の傾向にあり、肥大型心筋症群ではさらに増加の傾向にあった(表3)。

左房収縮性に関する検討では、左房仕事量は、対照群に比し、高血圧症群、肥大型心筋症群で増加の傾向にあった。高血圧症群、肥大型心筋症群には差はなかった。左房駆出率は、対照群、高血圧症群の両群間に差はなく、一方肥大型心筋症群は他の2群に比して有意に低下していた。左房一回拍出係数は、高血圧症群では、対照群に比し、増加の傾向にあったのに対し、肥大型心筋症群では、対照群と同等であり、高血圧症群に比し有意に低下していた(表3)。

そこで、左室の心機能曲線に習い、左房前負荷である左房収縮開始直前の左房容積と左房一回拍出係数の関係について検討した(図5)。肥大型心筋症群において想定される心機能曲線は対照および高血圧症群において想定される心機能曲線の右下方

に偏位していた。

また、左房後負荷にあたる左室腔硬さ定数と左房一回拍出係数との関係では、肥大型心筋症群では負の相関関係を認めたが、対照群、高血圧症群は左上方に位置し、有意な相関は認めなかった(図6)。

左室腔硬さ定数と左房仕事量の関係について検討すると、対照および高血圧症群では正の相関関係が認められた。肥大型心筋症群は回帰直線の右下方に偏位していた(図7)。

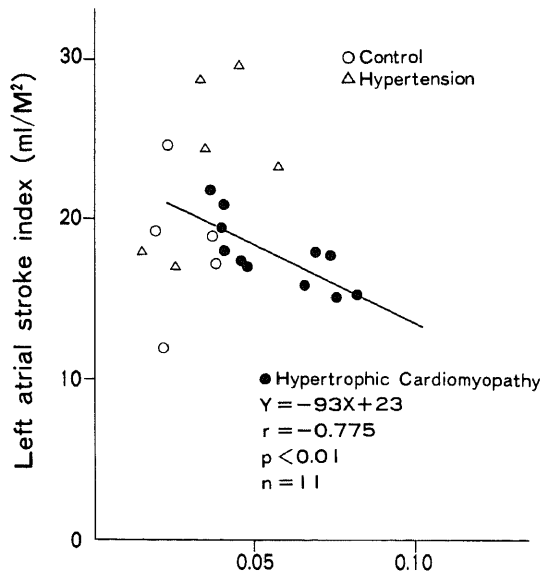


Fig. 6. Plot of relation between left ventricular chamber stiffness constant and left atrial stroke index. Solid line shows the regression line in the hypertrophic cardiomyopathy group.

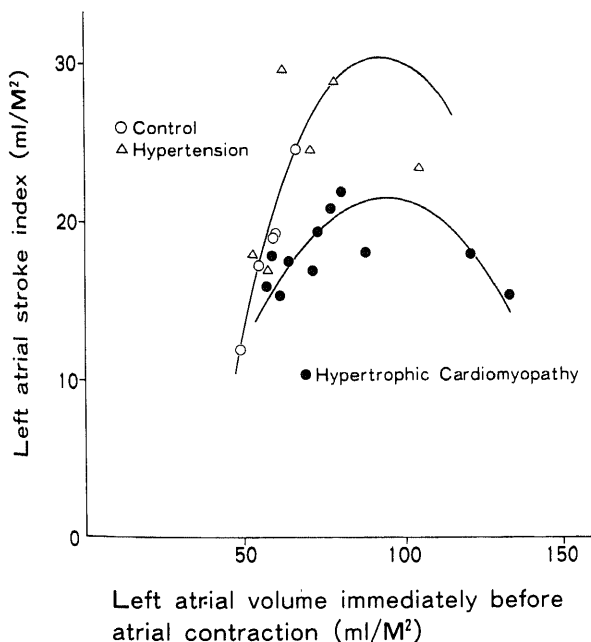


Fig. 5. Plot of relation between left atrial volume immediately before atrial contraction and left atrial stroke index. Parabolas show respective second order polynomial regression curves in the combined control and hypertension group and in the hypertrophic cardiomyopathy group.

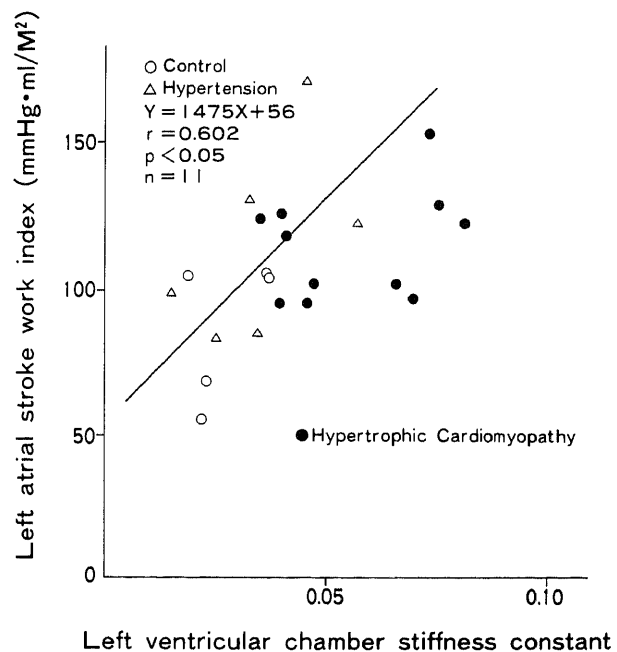


Fig. 7. Plot of relation between left ventricular chamber stiffness constant and left atrial stroke work index. Solid line shows the regression line in the combined control and hypertension groups.

### Ⅲ. 左房圧-容積曲線による左房貯留機能および導管機能の検討

左房腔硬さ定数は、対照群に比し、高血圧症群で増大の傾向にあり、肥大型心筋症群では有意に増大していた(表3)。左室壁厚と左房腔硬さ定数との間には  $r=0.560$  の正の相関関係が認められた(図8)。

左房の貯留容積は、対照群に比し、高血圧症群では減少の傾向にあり、肥大型心筋症群では有意に減少していた(表3)。左房腔硬さ定数と貯留容積との間には  $r=-0.598$  の負の相関関係が認められた(図9)。

左室腔硬さ定数と、導管容積との関係では、対照および高血

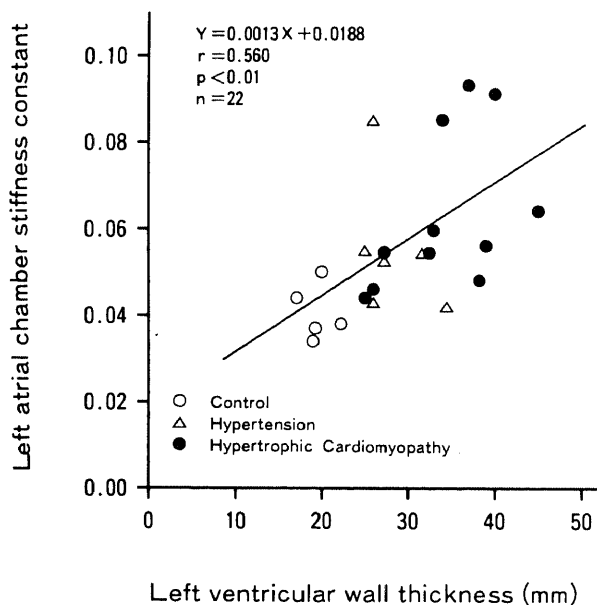


Fig. 8. Plot of relation between left ventricular wall thickness and left atrial chamber stiffness constant. Solid line shows the regression line in the 3 groups.

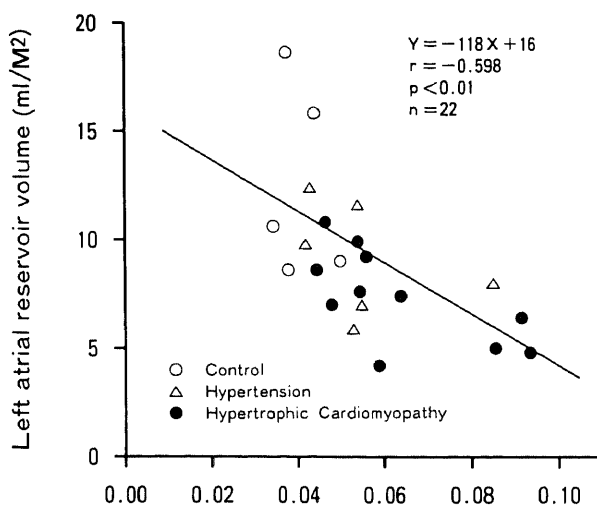


Fig. 9. Plot of relation between left atrial chamber stiffness constant and left atrial reservoir volume. Solid line shows the regression line in the 3 groups.

圧症群において、 $r=-0.628$  の負の相関関係が認められたが、肥大型心筋症群で、左室の chamber stiffness の増大が高度な例は、回帰直線の右側に位置していた(図10)。

左房腔硬さ定数と心係数との関係では、 $r=-0.542$  の負の相関関係が認められた(図11)。

### 考 察

左房は左室の流入側に位置しており、左室への血液充満に際

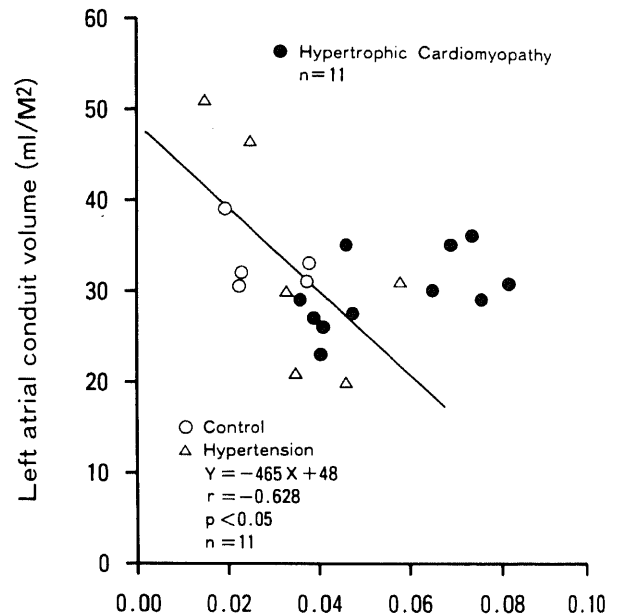


Fig. 10. Plot of relation between left ventricular chamber stiffness constant and left atrial conduit volume. Solid line shows the regression line in the combined control and hypertension groups.

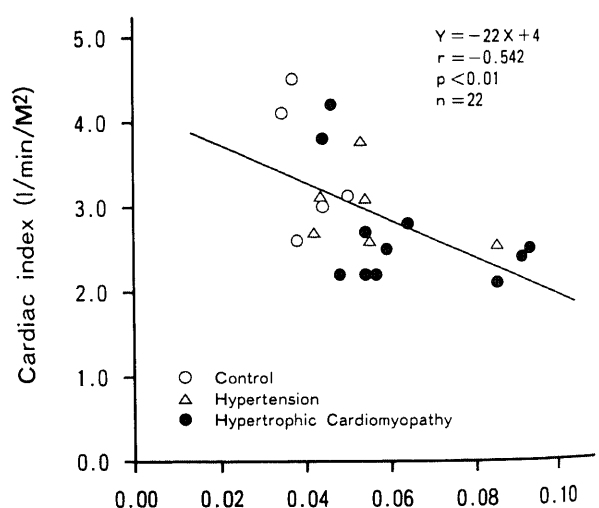


Fig. 11. Plot of relation between left atrial chamber stiffness constant and cardiac index. Solid line shows the regression line in the 3 groups.



して、貯留、導管、ポンプの三つの機能を有し、左心機能と密接に関連している<sup>20)</sup>。このうち左房の能動的な作用は、貯留機能およびポンプ機能である。左房の心機能を表す圧-容積曲線は、左房圧のa波に対応するaループ、およびv波に対応するvループにより構成され、aループは左房のポンプ機能を、vループは左房の貯留機能を表わす<sup>21)23)</sup>。貯留機能は左房の拡張性に、またポンプ機能は左房の駆出性に依存している。Suga<sup>4)</sup>は左房の拡張性が肺静脈還流を円滑にし、左心機能に高度の影響を与えることを報告している。また僧帽弁閉鎖不全症では左房の貯留機能が肺動脈圧の上昇を抑制するために重要な役割を果たしている<sup>12)</sup>。貯留機能は心房細動に陥っても失われることのない、左房の固有の機能であり、一般に心房細動においても心機能は左房の貯留機能によって保持される場合が多い<sup>23)</sup>。しかしながら病的心においては、左室の異常を左房のポンプ機能により代償している場合が多い<sup>5)~7)10)~15)</sup>。左房のポンプ機能は、肺動脈圧の上昇を抑制しつつ左室のFrank-Starling機構を有効に作働させる役割を担っており<sup>5)</sup>、左室の収縮障害において左房のポンプ機能が增大していることは従来より指摘されている<sup>7)</sup>。左室の拡張障害により受動的な左室への血液流入が障害されると、左房のポンプ機能が果たす役割は特に重要になる<sup>5)6)11)~15)</sup>。肥大型心筋症は原因不明の左室肥大による、左室の拡張性の著しい低下を主病態とする疾患である<sup>17)18)</sup>。我々はまず肥大型心筋症における左房ポンプ機能に注目し、左室造影より、急速流入期および心房収縮期の左室流入分画を求め検討した。

#### I. 左室造影による検討

肥大心においては、左室弛緩の異常<sup>9)13)27)</sup>や、拡張早期の左室充満障害が報告されており<sup>5)~9)41)45)</sup>、今回の左室造影による検討でも、高血圧症群、肥大型心筋症群で、急速流入期左室充満の低下が認められた。Grossmanら<sup>38)</sup>は左室壁厚が左室拡張障害を規定する重要な要因であると報告しているが、急速流入期流入量と左室壁厚との間には負の相関関係が認められ、また高血圧症群に比して左室壁厚の増大が著明な肥大型心筋症群において、急速流入期の左室充満障害が高度であった。このように拡張早期の左室充満障害が存在する場合、左房のポンプ機能が代償的に増大することが知られている<sup>5)6)11)13)~15)</sup>。今回の検討でも、高血圧症群では左房のポンプ機能の増大が認められた。一方、肥大型心筋症群では、心房収縮期流入率は対照群に比して増大していたが、心房収縮期流入量は対照群と差がなく、高血圧症群に比して低下していた。そこで3群における急速流入期流入量と心房収縮期流入量との関係について比較した結果、高血圧症群では急速流入期流入量の低下が心房収縮期流入量の増大によって補われていたが、肥大型心筋症群では、心房収縮期流入量の代償的増大が不十分であるものと考えられた(図5)<sup>18)</sup>。

#### II. 左房圧-容積曲線によるポンプ機能の検討

心拍出量は、前負荷、後負荷および収縮力の三つの要素により決定される<sup>20)~23)</sup>。左房ポンプ機能を明らかにするためには正確な左房の前負荷、後負荷の測定および収縮性の評価が必要と考えられるが、左房圧測定が困難なために、肥大型心筋症においては従来詳細な検討はなされていない。本研究では直接、左房の圧、容積を同時に測定することにより左房圧-容積曲線を作製し、左房の前負荷として左房収縮直前の左房容積および左房圧を、また左房収縮性の指標として左房仕事量、左房駆出率

および左房一回拍出係数を求めた。さらに左房後負荷として左室拡張末期圧および左室腔硬さ定数を求め検討した。

左室壁厚、弛緩期の指標である時定数Tおよび拡張早期左室充満に関する検討では肥大型心筋症群において高度の左室拡張障害の存在が認められた。左室拡張末期圧および左室腔硬さ定数は、対照群に比し高血圧症群で増大の傾向にあり、肥大型心筋症群では他の2群に比し有意に増大していた。すなわち肥大型心筋症群では高度の左室拡張障害が存在し、左房後負荷は高血圧症群に比して有意に増大していた。

左房前負荷に関する検討では、肥大心特に肥大型心筋症群において増大が認められた。肥大心では、左室拡張障害により多量の血液が左房内に残留するため、左房収縮直前の左房容積および左房圧が上昇し、左房後負荷の増大に対して代償的に作用しているものと推察された。

左房仕事量は前負荷、後負荷の増大を反映して、肥大心において増大している傾向にあったが、高血圧症群、肥大型心筋症群の間には差はなかった。左房の駆出性の指標に関する検討では、高血圧症群では左房ポンプ機能の増大が認められた。一方肥大型心筋症群では左房駆出率が低下しており左房一回拍出係数は高血圧症群に比して低下していた。高血圧症群では拡張早期左室充満の低下が心房収縮期において代償されているが肥大型心筋症群では代償に破綻を来たしていることが推察された。

そこで3群における左房ポンプ機能を明らかにするために左室の心機能曲線に習い、左房の前負荷とポンプ機能との関係について検討した(図5)。心房筋においてFrank-Starling機構が成立することは、実験的に証明され<sup>39)40)</sup>、臨牀的にも報告されている<sup>10)</sup>。対照群および高血圧症群は同一の左房心機能曲線上で作動することが認められ、高血圧症群では左房前負荷の動員により左房駆出性が増加していた。高血圧症群では左室拡張機能障害により拡張早期左室充満が低下しているが左房収縮直前の左房容積が増大することにより左房一回拍出係数が増加し、拡張早期左室充満障害を代償しているものと考えられた。一方、肥大型心筋症群では左房心機能曲線は右下方に偏位しており、左房前負荷の増大による左房駆出性の増加の度合いが低下していた。

左房後負荷と左房ポンプ機能との関係(図6)では、対照群および高血圧症群では有意な相関は認めなかったが、肥大型心筋症群では負の相関関係があり、他の2群の右下方に位置していた。対照群および高血圧症群では左房前負荷予備力があるため後負荷の増大によっても直ちに駆出性の低下にはつながらないが、肥大型心筋症群は後負荷不整合の状態にあり前負荷予備力の限界に達しているため、後負荷の増大により駆出性の低下を生ずるものと考えられた<sup>41)42)</sup>。

左房後負荷と左房仕事量との関係(図7)では、対照群および高血圧症群では正相関関係が認められたが、肥大型心筋症群は回帰直線の右下方に偏位していた。肥大型心筋症群では左房後負荷の増大にみあった左房仕事量の増大が得られておらず、左房ポンプ機能の亢進の限界に達しているものと考えられた。

#### III. 左房圧-容積曲線による貯留機能および導管機能の検討

左房の圧-容積曲線のvループの上行脚は、僧帽弁が閉鎖し、左房が受動的に拡張し、内圧が上昇する時点に相当する。vループの上行脚における圧-容積関係は指数関数に近似され、曲線の勾配、すなわち容積の変化に対する圧の変化率が左房腔の硬さを表わす<sup>12)27)28)31)</sup>。左房腔硬さ定数は対照群に比し、

高血圧症群では増大の傾向にあり、肥大型心筋症群ではさらに有意に増大していた。Ricksten ら<sup>43)</sup>は本態性高血圧ラットにおいて左房の腔の硬さ、および左房筋自体の硬さが増大していることを報告している。肥大型心筋症における左房の腔の硬さの増大の原因に関しては、左房筋の硬さの増大<sup>27)</sup>および左房壁厚の増大<sup>44)</sup>が考えられる。しかしながら現時点で臨床的に左房の壁厚を測定することは困難であり今後の検討が必要と考えられる。左室壁厚と左房腔硬さ定数との間には正の相関関係が認められた。左室壁厚が左房腔の硬さの増大に関与している原因に関しては、一つには、左室壁厚の増大による左房後負荷の上昇により<sup>38)</sup>左房筋の障害が生じていることが考えられる<sup>45)</sup>。また、肥大型心筋症における心筋の異常が、心室筋のみならず心房筋にも存在する可能性も推察される<sup>46)</sup>。

左房の貯留機能に関する検討では、肥大型心筋症では左房腔硬さ定数の増大により左房の貯留容積が低下していた。左房腔の硬さの増大は貯留機能の低下をもたらしていた。

左房の導管機能に関する検討では、高血圧症群では左室腔硬さ定数の増大により導管容積が低下していた。一方、肥大型心筋症群で、左室腔硬さ定数の増大が高度な例は、対照および高血圧症群における回帰直線の右側に位置しており、貯留機能、ポンプ機能の低下に伴い、導管としての機能が亢進していることが推察された。

左房腔硬さ定数と心係数との関係では、左房腔硬さ定数の増大により心係数の低下がもたらされていた。左房腔の硬さの増大は、肺静脈還流を障害し、心拍出量に影響を及ぼしているものと考えられた<sup>4)</sup>。

## 結 論

肥大型心筋症の左房機能を明らかにする目的で、正常対照者、本態性高血圧症患者および肥大型心筋症患者を対象として、左室造影における拡張期左室流入分画の検討を行なった。また左房圧-容積曲線から、左房の貯留機能、導管機能およびポンプ機能について検討し次の結果を得た。

1. 左室造影における左室流入分画の検討において、高血圧症群では拡張早期左室充満障害が心房収縮期において代償されていたが、肥大型心筋症群では心房収縮期の代償が低下していた。

2. 左房圧-容積曲線による左房ポンプ機能に関する検討では、高血圧症群では左房後負荷の増大に対し、左房前負荷が動員され左房駆出性が増大していたが、肥大型心筋症群では左房前負荷の増大にもかかわらず左房駆出性の増大が不十分であり、左房の後負荷不整合により左房ポンプ機能の亢進の限界に達しているものと考えられた。

3. 左房圧-容積曲線による左房の貯留機能および導管機能に関する検討では、肥大型心筋症群において左房腔の硬さの増大が認められた。左房腔の硬さの増大は左室壁厚に影響されており、左房の貯留機能の低下をもたらしていた。肥大型心筋症群では左房の貯留機能およびポンプ機能の低下に伴い、導管機能の亢進がうかがわれた。左房腔の硬さの増大は心拍出量の低下をもたらしていた。

以上より、肥大型心筋症では、左室拡張性の低下による左房収縮期の左房後負荷不整合のため、左房ポンプ機能不全の状態にあるものと考えられた。また左房腔の硬さの増大により左房貯留機能も低下しており、左房不全の状態に近づいているもの

と考えられた。

## 謝 辞

稿を終えるに臨み、御指導、御校閲を賜りました恩師竹田亮祐教授に深甚なる謝意を表します。また終始、御指導頂きました金沢大学医学部第二内科講師、清水賢巳先生に深く感謝し、本研究の遂行に際し、多大な御協力を頂きました。金沢大学医学部第二内科循環器グループの各位に感謝致します。

尚、本論文の要旨は、第35回および第37回日本心臓病学会・第55回日本循環器学会にて発表した。

## 文 献

- 1) Leonard, J. J., Shaver, J. & Thompson, M.: Left atrial transport function. Trans. Am. Clin. Climatol. Assoc., 92, 133-141 (1980).
- 2) Grant, C., Bunnell, I. L. & Greene, D. G.: The reservoir function of the left atrium during ventricular systole: An angiocardigraphic study of atrial stroke volume and work. Am. J. Med., 37, 36-43 (1963).
- 3) Mitchell, J. H. & Shapiro, W.: Atrial function and hemodynamic consequences of atrial fibrillation in man. Am. J. Cardiol., 23, 556-567 (1969).
- 4) Suga, H.: Importance of atrial compliance in cardiac performance. Circ. Res., 35, 39-43 (1974).
- 5) Braunwald, E. & Frahm, C. J.: Studies on Starling's law of the heart. IV. Observations on the hemodynamic functions of the left atrium in man. Circulation, 24, 633-642 (1961).
- 6) Hammermeister, K. E. & Warbasse, J. R.: The rate of change of left ventricular volume in man. II. Diastolic events in health and disease. Circulation, 49, 739-747 (1974).
- 7) Rahimtoola, S. H., Ehsani, A., Sinno, M. Z., Leob, H. S., Rosen, K. M. & Gunnar, R. M.: Left atrial transport function in myocardial infarction. Importance of its booster pump function. Am. J. Med., 59, 686-694 (1975).
- 8) Sanderson, J. E., Gibson, D. G., Brown, D. J. & Goodwin, J. F.: Left ventricular filling in hypertrophic cardiomyopathy. An angiographical study. Br. Heart J., 39, 661-670 (1977).
- 9) Hanrath, P., Mathey, D. G., Siegert, R. & Bleifeld, W.: Left ventricular relaxation and filling pattern in different forms of left ventricular hypertrophy. An echocardiographic study. Am. J. Cardiol., 45, 15-23 (1980).
- 10) Matsuda, Y., Toma, Y., Ogawa, H., Matsuzaki, K., Katayama, K., Fujii, T., Yoshino, F., Moritani, K., Kumada, T., & Kusakawa, R.: Importance of left atrial function in patients with myocardial infarction. Circulation, 67, 566-571 (1983).
- 11) Matsuda, Y., Toma, Y., Moritani, K., Ogawa, H., Kohno, M., Miura, M., Matsuzaki, M., Fujii, H. & Kusakawa, R.: Assessment of left atrial function in patients with hypertensive heart disease. Hypertension, 8, 779-785 (1986).
- 12) Kihara, Y., Sasayama, S., Miyazaki, S., Onodera, T., Susawa, T., Nakamura, Y., Fujiwara, H. & Kawai,

- C.: Role of the left atrium in adaptation of the heart to chronic mitral regurgitation in conscious dogs. *Circ. Res.*, **62**, 533-543 (1988).
- 13) Shapiro, L. M. & Gibson, D. G.: Patterns of diastolic dysfunction in left ventricular hypertrophy. *Br. Heart J.*, **59**, 438-445 (1988).
- 14) Bonow, R. O.: Left ventricular filling in ischemic and hypertrophic heart disease. In W. Grossman & B. H. Lorell (eds.), *Diastolic Relaxation of the Heart*, 1st. ed., p231-243, Martinus Nijhoff Publishing, Boston, 1988.
- 15) Bleifeld, W. H.: Diastolic ventricular function in primary and secondary hypertrophy. The influence of verapamil. In W. Grossman & B. H. Lorell (eds.), *Diastolic Relaxation of the Heart*, 1st. ed., p281-290, Martinus Nijhoff Publishing, Boston, 1988.
- 16) Glancy, D. L., O'Brien, K. P., Gold, H. K. & Epstein, S. E.: Atrial fibrillation in patients with idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. *Br. Heart J.*, **32**, 652-659 (1970).
- 17) 戸嶋裕徳: 特発性心筋症 Idiopathic Cardiomyopathy 診断の手引. 厚生省特定疾患特発性心筋症調査研究班昭和60年度研究報告書, 13-15 (1985).
- 18) Bentivoglio, Y. & Goldberg, M.: *From Cardiac Catheterization Data to Hemodynamic Parameters*, 3rd ed., p294-296, F. A. Davis Comp., Philadelphia, 1988.
- 19) 真田宏人, 清水賢巳, 末松哲男, 杉原範彦, 北 義人, 竹田亮祐: 肥大型心筋症および高血圧性肥大心における左房 booster pump 機能. 左室造影像による比較検討. 日本臨床生理学会雑誌, **19**, 277-283 (1989).
- 20) Bentivoglio, Y. & Goldberg, M.: *From Cardiac Catheterization Data to Hemodynamic Parameters*, 3rd ed., p199-201, F. A. Davis Comp., Philadelphia, 1988.
- 21) Sagawa, K., Maughan, L., Suga, H. & Sunagawa, K.: *Cardiac Contraction and the Pressure-Volume Relationship*, 1st. ed., p110-117, Oxford University Press, New York, 1988.
- 22) 篠山重威: 心機能. 収縮のメカニズムと評価法, 第1版, 74-78 頁, 中外医学社, 東京, 1988.
- 23) Sanada, H., Shimizu, M., Shimizu, K., Kita, Y., Sugihara, N. & Takeda, R.: Left atrial afterload mismatch in hypertrophic cardiomyopathy. *Am. J. Cardiol.*, **68**, 1049-1054 (1991).
- 24) Bentivoglio, Y. & Goldberg, M.: *From Cardiac Catheterization Data to Hemodynamic Parameters*, 3rd ed., p237-245, F. A. Davis Comp., Philadelphia, 1988.
- 25) Dodge, H. T., Sandler, H., Ballew, D. W. & Lord, J. D. Jr.: The use of biplane angiocardigraphy for the measurement of left ventricular volume in man. *Am. Heart J.*, **60**, 762-776 (1960).
- 26) Redwood, D. R., Scherer, J. L. & Epstein, S. E.: Biventricular cineangiography in the evaluation of patients with asymmetric septal hypertrophy. *Circulation*, **49**, 1116-1121 (1974).
- 27) Natsume T., Nakajima, K., Shibata, H., Yokouchi, m., Deguchi, F., Shimomura, K. & Ikeda, M.: Left ventricular and left atrial function in patients with borderline and established hypertension. *Jpn. Circ. J.*, **47**, 230-239 (1983).
- 28) Nagano, T., Arakawa, M., Tanaka, T., Yamaguchi, M., Takaya, T., Noda, T., Miwa, H., Kagawa, K. & Hirakawa, S.: Diastolic compliance of the left atrium in man: a determinant of preload of the left ventricle. *Heart Vessels*, **5**, 25-32 (1989).
- 29) Sauter, H. J., Dodge, H. T., Johnston, R. R. & Graham, T. P.: The relationship of left atrial pressure and volume in patients with heart disease. *Am. Heart J.*, **67**, 635-642 (1964).
- 30) Murray, J. A., Kennedy, J. W. & Figley, M. M.: Quantitative angiocardigraphy. II. The normal left atrial volume in man. *Circulation*, **37**, 800-804 (1968).
- 31) Sasayama, S., Takahashi, M., Osakada, G., Hirose, K., Hamashima, H., Nishimura, E. & Kawai, C.: Dynamic geometry of the left atrium and left ventricle in acute mitral regurgitation. *Circulation*, **60**, 177-186 (1979).
- 32) Gaasch, W. H., Battle, W. E., Oboler, A. A., Banas, J. S. Jr. & Levine, H. J.: Left ventricular stress and compliance in man. With special reference to normalized ventricular function curves. *Circulation*, **45**, 746-762 (1972).
- 33) Barry, W. H., Brooker, J. Z., Alderman, E. L. & Harrison, D. C.: Changes in diastolic stiffness and tone of left ventricle during angina pectoris. *Circulation*, **49**, 255-263 (1974).
- 34) Jehle, J., Rose, H., Schmiel, F. K., Spiller, P. & Ulbricht, L. J.: Angiographic Analysis of Left Ventricular Diastolic Function. In H. Just & P. H. Heintzen (eds.), *Angiocardigraphy-Current Status and Future Developments*, 1st. ed., p183-189, Springer-Verlag, Berlin, 1986.
- 35) Weiss, J. L., Frederiksen, J. W. & Weisfeldt, M. L.: Hemodynamic determinants of the time-course of fall in canine left ventricular pressure. *J. Clin. Invest.*, **58**, 751-760 (1976).
- 36) Burchell, H. B.: A clinical appraisal of atrial transport function. *Lancet*, **1**, 775-779 (1964).
- 37) Paulus, W. J., Sys, S. U., Nellens, P., Heyndrickx, G. R. & Andries, E.: Failure of inactivation of hypertrophied myocardium. A cause of impaired left ventricular filling in hypertrophic cardiomyopathy and aortic stenosis. In W. Grossman & B. H. Lorell (eds.), *Diastolic Relaxation of the Heart*, 1st. ed., p291-304, Martinus Nijhoff Publishing, Boston, 1988.
- 38) Grossman, W., McLaurin, L. P., Moos, S. P., Stefadourous, M. & Young, D. T.: Wall thickness and diastolic properties of the left ventricle. *Circulation*, **49**, 129-135 (1974).
- 39) Williams, J. F. Jr., Sonnenblick, E. H. & Braunwald, E.: Determinants of atrial contractile force in the intact heart. *Am. J. Physiol.*, **209**, 1061-1068 (1965).
- 40) Payne, R. M., Stone, H. L. & Engelken, E. J.:

Atrial function during volume loading. *J. Appl. Physiol.*, **31**, 326-331 (1971).

41) Ross, J. Jr.: Afterload mismatch and preload reserve. A conceptual framework for the analysis of ventricular function. *Progr. Cardiovasc. Dis.*, **18**, 255-264 (1976).

42) Ross, J. Jr.: Cardiac function and myocardial contractility. A perspective. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **1**, 52-62 (1983).

43) Ricksten, S-E., Yao, T., Ljung, B. & Thorén, P.: Distensibility of left atrium in normotensive and spontaneously hypertensive rats. *Acta Physiol. Scand.*, **110**, 413-418 (1980).

44) Gaasch, W. H., Levine, H. J., Quinones, M. M. & Alexander, J. K.: Left ventricular compliance: mechanisms

and clinical implications. *Am. J. Cardiol.*, **38**, 645-653 (1976).

45) Marcadier, J-J., Bastie, D., Ménasché, P., Cao, A. N. V., Bouveret, P., Lorente, P., Piwnica, A., Slama, R. & Schwartz, K.: Alpha-myosin heavy chain isoform and atrial size in patients with various types of mitral valve dysfunction: a quantitative study. *J. Am. Coll. Cardiol.*, **9**, 1024-1030 (1987).

46) Wagner, J.A., Sax, F. L., Weisman, H. F., Porterfield, J., McIntosh, C., Weisfeldt, M. L., Snyder, S. H. & Epstein, S. E.: Calcium-antagonist receptors in the atrial tissue of patients with hypertrophic cardiomyopathy. *N. Engl. J. Med.*, **320**, 755-761 (1989).

**Left Atrial Function in Hypertrophic Cardiomyopathy** Hiroto Sanada, Department of Internal Medicine (II), School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920—J. Jusen Med Soc., **101**, 608—618 (1992)

**Key words** hypertrophic cardiomyopathy, left atrial function, left atrial booster pump function, left atrial afterload mismatch, left atrial reservoir function

#### Abstract

To investigate left atrial function in hypertrophic cardiomyopathy, left ventricular filling volume during diastole was analyzed in 14 control subjects, 13 patients with essential hypertension, and 18 patients with hypertrophic cardiomyopathy, by use of left ventricular cineangiogram. Additionally, to clarify left atrial reservoir, conduit, and booster pump functions, left atrial pressure-volume loops were estimated in 5 control subjects, 6 patients with essential hypertension, and 11 patients with hypertrophic cardiomyopathy. Investigation of diastolic left ventricular filling revealed that, in patients with hypertension, a decrease in early diastolic left ventricular filling was compensated by an increase in left ventricular filling during atrial contraction. In patients with hypertrophic cardiomyopathy, however, the compensation during atrial contraction was less. Investigation of left atrial afterload revealed that the left ventricular chamber stiffness constant was higher in patients with hypertension ( $0.035 \pm 0.015$ ) than in control subjects ( $0.028 \pm 0.009$ ), and even higher in patients with hypertrophic cardiomyopathy ( $0.056 \pm 0.017$ ). Investigation of left atrial preload revealed that left atrial pressure and volume immediately before atrial contraction were both increased in patients with hypertension ( $10 \pm 5$  mmHg,  $71 \pm 19$  ml/M<sup>2</sup>, M<sup>2</sup>=body surface area) compared with control subjects ( $7 \pm 1$  mmHg,  $59 \pm 6$  ml/M<sup>2</sup>), and even more increased in patients with hypertrophic cardiomyopathy ( $16 \pm 7$  mmHg,  $81 \pm 25$  ml/M<sup>2</sup>). The left atrial stroke work index was higher in patients with hypertension ( $116 \pm 34$  mmHg · ml) and hypertrophic cardiomyopathy ( $115 \pm 19$  mmHg · ml) than in control subjects ( $87 \pm 23$  mmHg · ml). Investigation of left atrial ejection revealed that the left atrial stroke index and ejection fraction were both less in patients with hypertrophic cardiomyopathy ( $18 \pm 2$  ml/M<sup>2</sup>,  $23 \pm 6\%$ ) than in patients with hypertension ( $24 \pm 5$  ml/M<sup>2</sup>,  $34 \pm 8\%$ ). In patients with hypertrophic cardiomyopathy, the left atrial function curve showed a shift to the lower right, and the left atrial stroke index was inversely correlated ( $r = -0.775$ ) with the left atrial afterload. The left atrial chamber stiffness constant was larger in patients with hypertrophic cardiomyopathy ( $0.063 \pm 0.018$ ) than in control subjects ( $0.041 \pm 0.006$ ), and was correlated with left ventricular wall thickness ( $r = 0.560$ ). Left atrial reservoir volume was smaller in patients with hypertrophic cardiomyopathy ( $7 \pm 2$  ml/M<sup>2</sup>) than in control subjects ( $13 \pm 4$  ml/M<sup>2</sup>), and was inversely correlated with the left atrial chamber stiffness constant ( $r = -0.598$ ). The cardiac index was inversely correlated with the left atrial chamber stiffness constant ( $r = 0.542$ ). This study suggests that, in hypertrophic cardiomyopathy, left atrial booster pump failure due to left atrial afterload mismatch exists, and the left atrial reservoir function is also decreased due to increased left atrial chamber stiffness.